

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH SUNGAI WAY BATANGHARI KOTA METRO DENGAN METODE *REVTMENT RETAINING WALL*

Yusuf Amran^{1,a*}, Dona Kurniawan^{2,b}

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.

Email : ayusufamran@yahoo.com, Dondonkun@yahoo.co.id

ABSTRAK

Saat ini, berbagai sektor kegiatan pembangunan sedang mengalami pertumbuhan yang pesat. Dalam pertumbuhannya, perencanaan tata wilayah atau penetapan pusat perkembangan kawasan permukiman justru di daerah-daerah rawan yaitu daerah sungai. Sungai banyak memberikan sumber kehidupan. Menyediakan banyak manfaat terhadap lingkungan di sekitarnya. Berbagai ragam pemanfaatan fungsi dan potensi sungai yang mungkin dapat dikembangkan agar kelestarian fungsi sungai dan potensinya dapat dipertahankan, maka diperlukan adanya kegiatan pengamanan dari hal-hal yang sifatnya mengganggu atau merusak kelestarian lingkungan sungai. Kegiatan pengamanan tersebut diantaranya dengan pengamanan atau perlindungan dinding sungai. Dalam studi kasus ini, upaya perencanaan pengamanan dinding sungai dilakukan dengan menggunakan *revetment retaining wall*. Perencanaan ini diharapkan dapat meminimalkan beberapa hal yang dapat mengganggu stabilitas gaya geser, stabilitas gaya guling, daya dukung tanah dengan menggunakan *revetment retaining wall* tipe gravitasi pada ruas sungai Way Batanghari yang tepatnya terletak di belakang Rusunawa Iringmulyo Kota Metro. Analisis hidrologi dan analisis stabilitas *revetment retaining wall* merupakan analisis yang penting untuk ditinjau. Analisis tersebut sangat menentukan dalam perencanaan dinding penahan tanah. Dalam analisa hidrologi digunakan metode rasional untuk menentukan perhitungan debit rencana. Perhitungan stabilitas tekanan tanah dihitung dengan menggunakan Teori Rankine dan Coulomb serta perhitungan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dihitung berdasarkan persamaan Hansen dan Vesic berdasarkan data-data karakteristik keteknikan. Hasil perhitungan hidrologi bahwa debit aliran sungai Way Batanghari (Q) adalah 22,44 m³/detik, sedangkan debit rencana/banjir puncak (Q₅) adalah 17,92 m³/detik. Untuk stabilitas dinding penahan, didapat dimensi lebar atas (a) 0,5 m, lebar dasar fondasi (B) 3,6 m, tinggi tembok (H) 6 m, tebal dasar fondasi (d) 1 m, yang aman terhadap stabilitas gaya guling (Fgl) sebesar 2,03 > 1,5, stabilitas gaya geser (Fgs) sebesar 2,8 > 1,5, dan stabilitas terhadap daya dukung (F) sebesar 3,66 > 3.

Kata Kunci : *Retaining Wall*, Sungai Way Batanghari, Kota Metro

PENDAHULUAN

Suatu konstruksi bangunan sipil selalu berdiri di atas tanah dasar yang akan menerima dan menahan beban dari keseluruhan struktur di atasnya. Tanah memiliki karakteristik dan sifat-sifat yang berbeda dari satu lokasi dengan lokasi lainnya. Sehingga diperlukan penanganan

dan perlakuan khusus dalam mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan sipil.

Kondisi geologi, geografi, hidrologi, dan karakteristik tanah menjadi faktor utama dalam tinjauan keamanan suatu struktur bangunan. Kondisi ini

sangat berpengaruh terhadap struktur bangunan yang terletak di sekitar daerah lereng ataupun tanah yang dalam keadaan labil. Karena dengan kondisi tanah yang demikian, serta dengan mendapatkan beban dari struktur di atasnya maka kestabilan tanah dapat terganggu. Fenomena saat ini sering dijumpai dalam perencanaan tata wilayah adalah penetapan kawasan permukiman atau pusat perkembangan justru di daerah-daerah rawan terhadap air sungai, terlebih lagi perkembangan tata wilayah juga sering tidak bisa dikendalikan (Maryono : 2002).

Penetapan kawasan tersebut diantaranya adanya pembangunan kontruksi jalan, tanggul, saluran drainase sampai ada dibangunnya permukiman di daerah yang dekat dengan daerah bantaran sungai. Sebagian masyarakat bahkan melakukan aktivitas-aktivitas lainnya dilakukan disekitar daerah sungai, itu semua demi keberlangsungan hidup.

Keadaan dinding penahan tanah yang *representatif* adalah hal yang tidak dapat di tawar-tawar lagi demi keselamatan masyarakat yang bermukim dipinggir-pinggir daerah yang mengandalkan dinding penahan tanah sebagai sebagai penopang pondasi bangunannya. Karena banyak bangunan yang berada di daerah pinggiran tanah sungai, maka kekuatan pondasi pada bangunan yang berada di pinggiran daerah sungai ini harus didukung oleh dinding penahan tanah yang dapat menahan tekanan tanah beban pondasi, sehingga dinding penahan tanah tersebut tidak mengalami keruntuhan. Pembangunan dinding penahan tanah harus benar-benar berdasarkan perhitungan kestabilan dan faktor keselamatan karena kesalahan yang terjadi dalam pembangunan dinding penahan tanah dapat berakibat fatal yaitu kerugian harta benda dan hilangnya korban jiwa.

Pada penelitian ini membahas perencanaan dinding penahan tanah sungai pada aliran sungai Way Batanghari Kota

Metro. Daerah ini merupakan daerah yang terletak di kawasan tempat pendidikan, dimanana di sekeliling rusunawa ini berdiri berbagai jenis bangunan. Bangunan tersebut berupa gedung perkuliahan (kampus), sekolah, dan kantor-kantor pemerintahan.

Lokasi titik ini membutuhkan adanya *proteksi* tanah, dengan adanya perubahan tata guna lahan tersebut guna untuk mencegah terjadinya pergerakan tanah yang mengakibatkan perubahan kondisi tanah setempat dan gerusan sungai. Keadaan pada titik lokasi ini, sudah terdapat gerusan yang mengikis dinding-dinding sungai dan belantara karena tidak terawatnya tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di sekitar Rusunawa Iringmulyo ini. Titik Lokasi ini belum ada usaha perkuatan tanah sungai dengan menggunakan dinding penahan tanah, sehingga lambat laun pada lokasi ini perlu dibangunnya konstruksi dinding penahan tanah sungai. Dengan adanya struktur dinding penahan tanah yang di desain ini diharapkan mampu mengatasi gerusan sungai dan aman dari bahaya. Baik bahaya terhadap menurunnya stabilitas tekan tanah , stabilitas gaya guling , penurunan daya dukung tanah, dan bahaya lainnya yang dapat merugikan. Struktur tanah ini diharapkan juga dapat meningkatkan kapasitas tanggul serta mengamankan tanah sungai agar aman terhadap debit arus sungai yang mengalir.

TINJAUAN PUSTAKA

Sungai

Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat yang akhirnya melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang senantiasa tersentuh aliran air ini disebut alur sungai dan perpaduan antara

alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sungai.

Definisi tersebut merupakan definisi sungai yang ilmiah alami, sedangkan pengertian sungai lainnya adalah sebagai berikut: Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan sungai.

Perilaku Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi di samping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah sungai.

Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan dinding-dinding sungai tertimbun di dasar sungai tersebut terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Karena di daerah sungai terdapat kemiringan yang curam, gaya tarik aliran airnya cukup besar. Tetapi setelah aliran sungai mencapai daratan, maka gaya tariknya sangat menurun.

Dengan terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alur sungai ke luar dari daerah yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, maka pada lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahannya alur sungai. Pada daerah tersebut sungai bertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi dapat terjadi. Masalah pelimpasan aliran karena berkurangnya kapasitas limpas akibat agradasi dasar sungai akan lebih dominan dihadapi pada ruas sungai ini dibandingkan dengan masalah gerusan.

Bangunan Pengaman Sungai

Tabel 1. Klasifikasi Struktur Pengaman Dinding di Sungai

Jenis Pengamanan	Tipe	Bangunan
Revetment	Fleksibel	Riprap
		Bronjongan (Gabion)
	Kaku (Rigid)	Retaining Wall
Bangunan Pengarah Aliran		Turap (Sheet Pile)
		Krib (Groin)
Bangunan Peredam Energi		Spur
		Check Dam

Sumber: Perencanaan Bangunan Pengaman Tebing Terhadap Gerusan



Gambar 1. Contoh Pengaman Dinding Sungai Jenis Riprap



Gambar 2. Contoh Pengaman Dinding Sungai Jenis Gabion



Gambar 3. Contoh Salah Satu Pengaman Dinding Sungai Jenis Retaining Wall



Gambar 4. Contoh Salah Satu Pengaman Dinding Sungai Jenis Sheet Pile

Revetment Retaining Wall

Revetment Retaining wall adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri.

Jenis-jenis dinding penahan tanah (*retaining wall*) diantaranya *gravity wall*, *semi-cantilever wall* dan *cantilever wall*. *Gravity wall* adalah dinding penahan tanah dengan mengandalkan gaya gravitasi sebagai gaya penahan beban dan tidak adanya tegangan tarik. *Gravity wall* merupakan dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu. *Semi-gravity wall* yaitu bangunan dinding penahan tanah yang konstruksinya memerlukan baja untuk mengurangi massa beton. Sedangkan *cantilever wall*, dinding penahan tanah yang berbentuk T dan bertindak sebagai kantilever. Biasanya terbuat dari beton bertulang.

Dalam mendesain dinding penahan ini, faktor penting yang harus diperhatikan

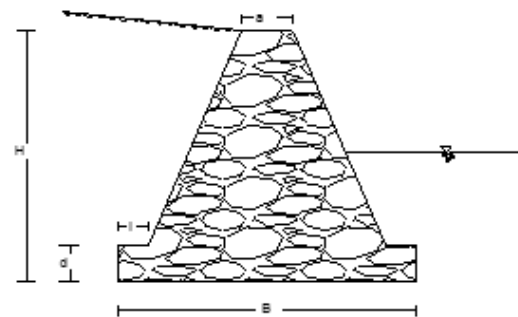
adalah parameter hidrologi dan stabilitas jenis pengamannya (*revetment*). Faktor tersebut sangat mempengaruhi jenis dan ukuran (desain) dari dinding pengaman tersebut.

Retaining Wall

Jenis *Retaining Wall* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe gravitasi yaitu dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan dinding akibat perubahan temperatur.

Pada tembok penahan tipe gravitasi dalam perencanaan harus tidak terjadi tegangan tarik pada setiap irisan badannya. Untuk itu dalam perencanaan tembok penahan jenis ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (lihat gambar 5).

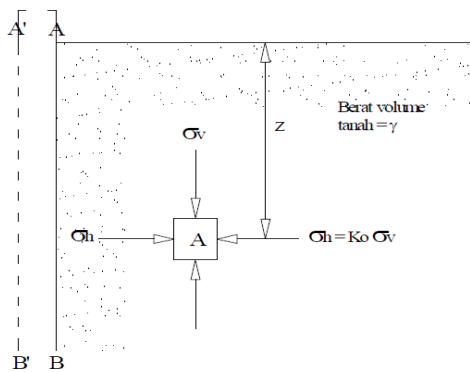
- Pada umumnya lebar plat lantai B diambil $0.5 - 0.7 H$
- Lebar bagian puncak diambil lebih dari $0.3 - H/12$
- Tebal kaki dan tumit ($H/8 - H/6$)
- Lebar kaki dan tumit ($0.5 - 1$) d (d = tebal kaki)



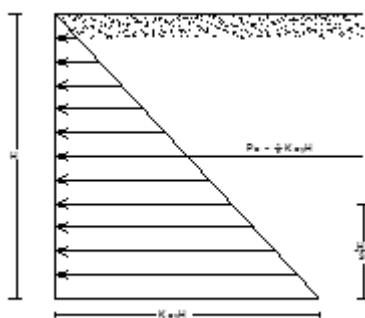
Gambar 5. Perencanaan tembok penahan

Dasar Perhitungan Stabilitas Retaining Wall

- Tekanan Tanah Lateral
- Tekanan Tanah Diam



Gambar 6. Tegangan Tanah Pada Kondisi Diam



Gambar 7. Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

- c. Tekanan Tanah Aktif
- d. Tekanan Tanah Pasif

Teori Rankine

Teori Rankine (1857) dalam Hardiyatmo, C.H. (2006), dalam analisis tekanan lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut :

- a. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu setiap elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
- b. Tanah urugan dibelakang dinding penahan tanah tidak berkohesi ($c = 0$).
- c. Gesekan antara dinding dan urugan diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ($\delta = 0$)

Teori Coulomb

Pada hitungan tekanan tanah lateral teori Coulomb (1776), pengaruh gesekan antara dinding dan tanah urug di belakangnya diperhitungkan. Sudut gesek

antara dinding dan tanah (δ) bergantung pada kekasaran dinding dan regangan lateral pada waktu dinding bergerak

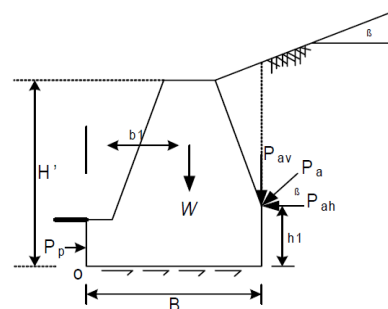
Stabilitas Terhadap Gaya Geser.

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh :

- a. Gesekan antara tanah dan dasar pondasi.
- b. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan

Stabilitas Terhadap Gaya Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pondasi. Momen guling ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas plat pondasi.



Gambar 8. Stabilitas Terhadap Geser dan Guling

Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Hansen (1970) dalam Hardiyatmo (2002) untuk beban miring dan eksentris:

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma$$

Dengan :

- d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman
- i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban
- c = kohesi tanah (kN/m^2)
- D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)
 B = lebar pondasi dinding penahan tanah (m)
 N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung (Vesic, 1973)

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai :

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

Dengan :

q = tekanan akibat beban struktur. Umumnya, faktor aman (F) terhadap keruntuhan tanah dasar minimum diambil sama dengan 3

Bila dihitung dengan berdasarkan lebar pondasi efektif, yaitu tekanan tanah pondasi ketanah dasar terbagi rata secara sama, bila :

$$q = \frac{2v}{3(B-2e)} \text{ bila } e \geq B/6$$

Dalam perancangan, lebar pondasi dinding penahan (B) sebaiknya dibuat sedemikian hingga $e < (B/6)$. Hal ini dimaksudkan agar efisiensi pondasi maksimum dan perbedaan tekanan pondasi pada ujung-ujung kaki dinding tidak besar (untuk mengurangi resiko keruntuhan dinding akibat gaya guling).

METODE PENELITIAN

Langkah Perencanaan

Langkah perencanaan sebuah dinding penahan diperlukan sebuah pemahaman tentang berbagai data yang saling terkait. Untuk itu diperlukan pengkajian secara detail sehingga setiap data yang digunakan akan sangat efektif dan efisien untuk digunakan sebagai masukan analisis lebih lanjut. Beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan :

- Langkah paling awal adalah survei pendahuluan untuk mendapatkan data-data dasar mengenai kondisi lokasi penelitian.
- Data-data hasil survei diteliti demi untuk mendapatkan informasi teknis sebagai data masukan dalam perencanaan tersebut. Perencanaan

mempertimbangkan juga faktor-faktor non teknis.

- Setelah data-data tersebut didapatkan, nantinya menjadi sebuah paparan perencanaan tentang apa yang diteliti dengan solusi yang akan diwujudkan oleh perencanaan.

Di sini peneliti merencanakan dinding penahan yang didesain mampu mengatasi gerusan sungai dan aman dari bahaya. Baik terhadap bahaya terhadap gaya geser, gaya guling, penurunan daya dukung tanah, dan bahaya lainnya yang dapat merugikan sumber daya yang ada di sekitar daerah sungai.

HASIL PENELITIAN

Tabel 2. Perhitungan Parameter Data Hujan

Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
2006	83,88	-23,01	529,40
2007	100,85	-6,03	36,41
2008	94,83	-12,05	145,21
2009	111,58	4,70	22,09
2010	85,00	-21,88	478,90
2011	105,35	-1,53	2,35
2012	115,50	8,62	74,24
2013	111,48	4,59	21,08
2014	161,54	54,66	2987,49
2015	98,83	-8,06	64,88
Jumlah	1068,84		
Rata – Rata	106,88		
Standar Deviasi			22,02

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Hujan Rencana dengan Distribusi Probabilitas Gumbel

Periode Ulang T (tahun)	Y_t	Faktor Frekuensi (K)	Hujan Rencana (mm)
2	0,31	0,32	113,99
5	1,50	1,06	130,18
20	2,97	2,61	164,27
50	3,90	3,59	185,87
100	4,60	4,32	202,06

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan

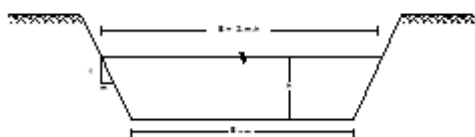
Periode Ulang T (Tahun)	Hujan Rencana (X)	Intensitas Hujan (I)
5	113,99	12,2635
20	130,18	14,0051
50	164,27	17,6727
100	185,87	19,9968

Sumber : Hasil Perhitungan

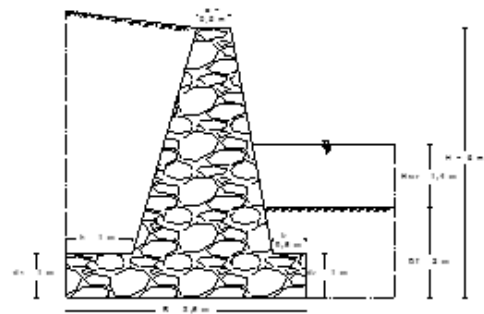
Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana

Periode Ulang T (Tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Jumlah $A_i.C$ (Km ²)	Debit Rencana (m ³ /detik)
2	12,26	4,60	15,69
5	14,01	4,60	17,92
20	17,67	4,60	22,61
50	20,00	4,60	25,58
100	21,74	4,60	27,81

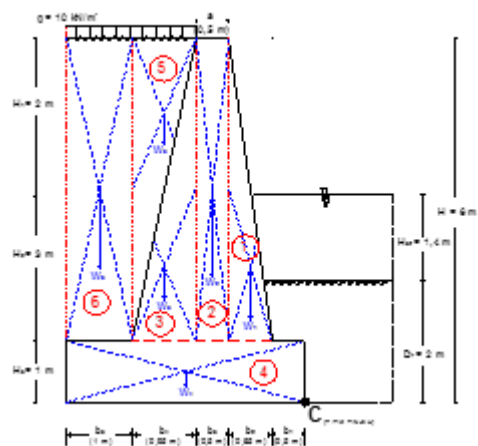
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 9. Luas Penampang Basah



Gambar 10. Ukuran Desain Retaining Wall



Gambar 11. Diagram Pembebanan Pada Retaining Wall

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pembebanan Berat Antar Bidang Dari Bidang 1 – Bidang 6

Bidang	Berat (Kn/m)
1	18,3
2	55
3	69,67
4	72,56
5	32,775
6	103,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Perhitungan jarak pembeban dari Bidang 1 – Bidang 6

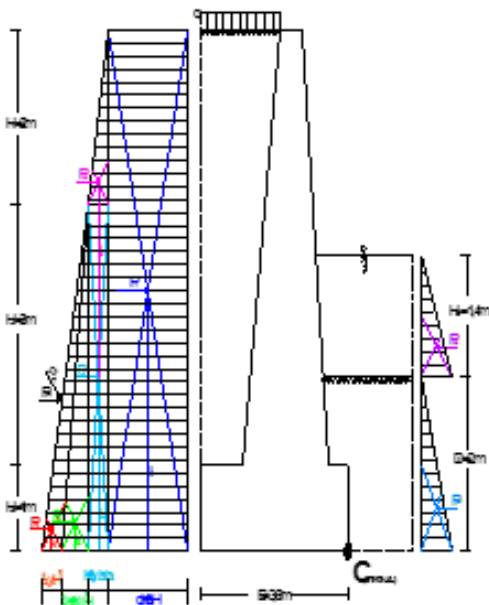
Bidang	Jarak (m)
1	0,72
2	1,4
3	2,28
4	2,10
5	1,97
6	3,1

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal

Bidang	Berat (kN/m)	Jarak (m)	Momen (kN)
1	18,3	0,72	13,18
2	55	1,4	77
3	69,67	2,28	158,85
4	72,56	2,10	152,38
5	32,775	1,97	64,57
6	103,5	3,1	320,85
	Jumlah W = 351,805		Jumlah M _w = 786,83

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 12. Tekanan Tanah Pada Retaining Wall

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Gaya Horizontal Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Hidrostatik Aktif pada Perhitungan Momen

No	Tekanan Tanah Aktif (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	20	3,00	60
2	55,2	2,00	110,4
3	28,53	1,33	37,95
4	80	1,33	106,4
5	13,8	4,67	64,45
6	Hidrostatik Aktif = 9,8	0,93	9,11
	Σ Pa = 207,33		Σ Ma = 388,31

Sumber : Hasil Perhitungan

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah :

$$F = \frac{qu}{q} = \frac{569,52}{155,67} = 3,66 \geq 3 \text{ (OK)}$$

Atau dapat pula dihitung dengan kapasitas berdasar distribusi tekanan kontak antara tanah dasar pondasi dianggap linear.

$$F = \frac{qu \times B'}{\sum V} = \frac{569,52 \times 2,26}{351,805} = 3,66 \geq 3 \text{ (OK)}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam merencanakan dinding penahan tanah sungai, analisis yang penting perlu ditinjau adalah analisis hidrologi dan analisis stabilitas *revetment*. Kedua analisis tersebut sangat menentukan dalam perencanaan dinding penahan tanah.

Dalam perhitungan parameter hidrolik, dasar perhitungan dalam menentukan debit rencana dengan menggunakan metode rasional. Dari perhitungan penjelasan sebelumnya, didapat bahwa debit aliran sungai Way

Batanghari (Q) daerah di belakang Rusunawa Iringmulyo adalah 22,44 m³/detik, sedangkan besaran debit rencana/debit banjir puncak (Q₅) sungai Way Batanghari adalah 17,92 m³/detik, sehingga dapat diperkirakan bahwa besar debit rencana/debit banjir dapat ditampung oleh kapasitas sungai Way Batanghari dan hasil pengukuran kecepatan aliran rata-rata sungai dilapangan adalah 1,37 m/detik.

Dimensi dinding penahan yang menggunakan tipe gravitasi yang aman terhadap stabilitas guling, geser, dan daya dukung diperoleh nilai lebar atas sebesar 0,5 m, lebar dasar fondasi sebesar 3,6 m, tinggi dinding penahan sebesar 6 m, dan tebal dasar fondasi sebesar 1 m dengan tinggi tebing yang diamankan adalah 4 m.

Untuk stabilitas guling (Fgl) diperoleh nilai sebesar 2,03, stabilitas geser nilainya sebesar (Fgs) 2,8, stabilitas terhadap daya dukung (F) sebesar 3,66.

Saran

Dalam perencanaannya dinding penahan diharapkan disesuaikan dengan struktur dinding yang akan dibangun, dengan memperhatikan keadaan struktur dan kondisi wilayah setempat. Untuk perhitungan struktur selalu diperhatikan pada beban dan desain dimensi dinding yang digunakan.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian perbandingan dengan menggunakan dinding penahan lainnya, seperti tembok penahan tipe semi-kantilever dan tipe kantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2003. *Penanggulangan Gerusan Tebing Sungai ; Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Kerairan*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Anonim, 2003. *Pengaman Sungai; Balai Sungai*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Asdak, Chay, 2002. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Christady Hary, 2006. *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Diansari, Sapriskha, 2015. *Proyek Pembangunan Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Kota Metro*. Universitas Lampung.
- Direktorat Perguruan Tinggi Swasta, 1997. *Rekayasa Pondasi I – Kontruksi Penahan Tanah*, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Karmiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Palangkaraya.
- Maryono, Agus, Ir., 2002. *Eko-Hidraulik Pembangunan Sungai*, Program Megister Sistem Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Montarich, L. 2009. *Hidrologi TSA-1*. Malang. CV. Asrori.
- Ramadhani, Sriyati, 2010. *Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai*, SMARTek.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik Usaha Nasional*. Surabaya.
- Sosrodarsono Suyono, Ir., 1984. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sunggono, Ir., 1984. *Buku Teknik Sipil*, Nova, Bandung.